

**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>F16C 39/06</b></p>	<p><b>A1</b></p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 97/13986</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>17. April 1997 (17.04.97)</b></p>
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/CH96/00350</b></p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: <b>4. Oktober 1996 (04.10.96)</b></p> <p>(30) Prioritätsdaten: 2834/95                      6. Oktober 1995 (06.10.95)                      <b>CH</b></p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): <b>SULZER TURBO AG [CH/CH]; Hardstrasse 319, CH-8023 Zürich (CH). SULZER PUMPEN AG [CH/CH]; Zürcherstrasse 15, CH-8401 Winterthur (CH).</b></p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): <b>VOGEL, Andreas [CH/CH]; Oberdorfstrasse 17, CH-5107 Schinznach Dorf (CH). SCHMIED, Joachim [DE/CH]; Dorfstrasse 14, CH-5422 Oberehrendingen (CH).</b></p> <p>(74) Anwalt: <b>SULZER MANAGEMENT AG; KS/Patente/0007, Zürcherstrasse 12, CH-8401 Winterthur (CH).</b></p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>(81) Bestimmungsstaaten: <b>CA, CZ, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</b></p> <p><b>Veröffentlicht</b>  <i>Mit internationalem Recherchenbericht.            Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p> </div> </div>		
<p>(54) Title: <b>ROTODYNAMIC MACHINE FOR CONVEYING A FLUID</b></p> <p>(54) Bezeichnung: <b>ROTODYNAMISCHE MASCHINE ZUR FÖRDERUNG EINES FLUIDES</b></p> <div style="text-align: center; margin: 20px 0;"> </div> <p>(57) Abstract</p> <p>The invention relates to a rotodynamic machine for conveying a fluid, like a turbo-machine (2) or a centrifugal pump, with at least one drive and bearing device (1) in the form of an electric motor with a stator and a magnetic-bearing rotor (4a), in which the windings (15, 16) generating the torque and the magnetic bearing force are arranged together in the stator, the rotor (4a) forms a section of the shaft (4) of the turbo-machine (2) and there is a control device (7) controlling one of the two windings, in such a way that a magnetic bearing force acting on the rotor (4a) can be generated by the first winding (16) in order contactlessly to hold the shaft (4) radially and a torque acting on the rotor (4a) can be generated by the second winding (15).</p>		

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平11-513558

(43) 公表日 平成11年(1999)11月16日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 2 K 7/09

H 0 2 K 7/09

F 0 1 D 25/16

F 0 1 D 25/16

A

F 1 6 C 32/04

F 1 6 C 32/04

Z

H 0 2 K 5/16

H 0 2 K 5/16

Z

7/14

7/14

B

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-514595  
(86) (22) 出願日 平成8年(1996)10月4日  
(85) 翻訳文提出日 平成10年(1998)3月10日  
(86) 国際出願番号 PCT/CH96/00350  
(87) 国際公開番号 WO97/13986  
(87) 国際公開日 平成9年(1997)4月17日  
(31) 優先権主張番号 2834/95  
(32) 優先日 1995年10月6日  
(33) 優先権主張国 スイス (CH)  
(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), CA, CZ, JP, US

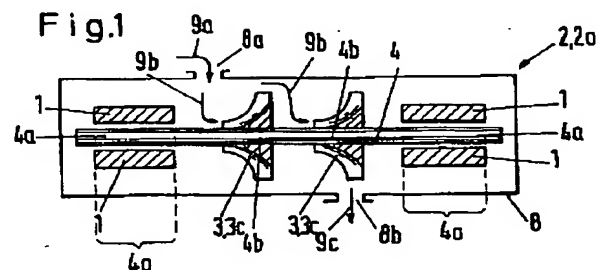
(71) 出願人 ズルツァー ターボ アクチェンゲゼルシャフト  
スイス国 ツューハー-8023 チューリッヒ  
ハルトシュトラッセ 319  
(71) 出願人 ズルツァー プンペン アクチェンゲゼルシャフト  
スイス国 CH-8401 ヴィンターツール  
チュルヒャーシュトラッセ 15  
(72) 発明者 フォーゲル、アンドレアス  
スイス国 CH-5107 シンナッハドルフ  
オーバードルフシュトラッセ 17  
(74) 代理人 弁理士 恩田 博宣

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流体を送出する回転機械

(57) 【要約】

本発明はステータと、磁気によって軸支されたロータ(4a)とを有する電気機械として形成された少なくとも1つの駆動及び軸受装置(1)を有するターボ機械(2)または遠心ポンプ等の流体を送出する回転機械であって、トルク及び磁気軸支力を形成する複数の巻線(15, 16)がステータ内に設けられ、ロータ(4a)はターボ機械(2)のシャフト(4)の部分形成し、2つの巻線(15, 16)を励磁するための制御装置(7)が設けられ、制御装置(7)は、シャフト(4)に接触することなく同シャフト(4)を放射方向に保持すべくロータ(4a)に作用する磁気懸架力を第1の巻線(16)を介して形成可能であって、かつロータ(4a)に作用するトルクを第2の巻線(15)を介して形成可能である回転機械に関する。



## 【特許請求の範囲】

1. 流体を送出する回転機械、特に、ターボ機械(2)または遠心ポンプ(2a)であって、ロータ(4a)を有する軸支されたシャフト(4)と、駆動及び軸受装置(1)とを含む回転機械において、前記駆動及び軸受装置(1)はシャフト(4)を取囲む複数の電気巻線(15, 16)を備えたステータを有し、前記ロータ(4a)、ステータ及び複数の電気巻線(15, 16)はベアリング・フリー・モータ(20)を形成すべく互いに整合し、かつ配置されており、前記ベアリング・フリー・モータ(20)は磁力を使用することによってシャフト(4)に接触することなく同シャフト(4)を軸支し、かつトルクをシャフト(4)上に形成する回転機械。
2. ステータと、磁気によって軸支されたロータ(4a)とを有する電気機械として形成された少なくとも1つの駆動及び軸受装置(1)を有するターボ機械(2)であって、トルク及び磁気軸支力を形成する複数の巻線(15, 16)が前記ステータ内に設けられ、前記ロータ(4a)はターボ機械(2)のシャフト(4)の部分形成し、2つの巻線(15, 16)を励磁するための制御装置(7)が設けられ、同制御装置(7)による2つの巻線(15, 16)の励磁は、シャフト(4)に接触することなく同シャフト(4)を放射方向に保持すべくロータ(4a)に作用する磁気懸架力を第1の巻線(16)を介して形成し、かつロータ(4a)に作用するトルクを第2の巻線(15)を介して形成するように実施されるターボ機械(2)。
3. 前記トルクを形成する巻線(15)は $n$ 個の極対数を有し、前記磁気軸支力を形成する巻線(16)は $n+1$ 個または $n-1$ 個の極対数を有する請求項1または2に記載の回転機械。
4. 少なくとも1つの圧縮ホイール(3)または1つのロータ(4a)をシャフト(4)上に配置した請求項1乃至3のいずれか一項に記載の回転機械。
5. 前記ロータ(4a)はリラクタンス・ロータ、永久磁石ロータまたは電気励磁ロータ(4a)として形成されている請求項1乃至4のいずれか一項に記載の回転機械。

6. ロータ(4a)、ステータ及び電気巻線(15, 16)の相対的構成と、制御装置による電気巻線(15, 16)の励磁とは、前記ベアリング・フリー・モータ(20)のロータ(4a)をリラクタンス・モータ、同期モータまたは誘導モータの動作原理に基づいて駆動可能とする請求項1乃至5のいずれか一項に記載の回転機械。

7. 前記ロータ(4a)はn個の極対数を有する多相巻線を有し、前記巻線は特に正弦波状分布を形成すべく配置され、さらに同巻線は短絡されているか、または抵抗によって終端されている請求項1乃至6のいずれか一項に記載の回転機械。

8. 前記シャフト(4)を軸支すべく同シャフト(4)の長手方向に沿って互いに離間した少なくとも2つのラジアル・ベアリングを有し、前記少なくとも2つのラジアル・ベアリングは駆動及び軸受装置(1)またはベアリング・フリー・モータ(20)と、ラジアル・ベアリング(12)とのうちの少なくともいずれか一方を含むグループから選択される請求項1乃至7のいずれか一項に記載の回転機械。

9. 圧縮ホイール(3)、ロータ(3c)または駆動及び軸受装置(1)を含むグループから選択された装置をシャフト(4)の2つの端部にそれぞれ有し、特に、前記複数の圧縮ホイール(3)またはロータ(3c)は互いに対向して配置

されている請求項1乃至8のいずれか一項に記載の回転機械。

10. シャフト(4)を軸線方向にガイドする装置を有し、同装置は電磁スラスト・ベアリング(13)と、能動的スラスト補償を有するスラスト・ベアリング(13)とのうちのいずれか一方を含むグループから選択される請求項1乃至9のいずれか一項に記載の回転機械。

11. 前記駆動及び軸受装置(1)は入口開口及び出口開口(21)を有するハウジング(20)によって取囲まれ、前記ハウジング(20, 21)は同ハウジング(20, 21)を貫流する流体によって駆動及び軸受装置(1)を冷却すべく設けられている請求項1乃至10のいずれか一項に記載の回転機械。

12. 請求項1乃至11のいずれか一項に記載の駆動及び軸受装置(1)を有す

る回転機械、特に、ターボ機械(2)または遠心ポンプ(2a)を駆動する方法であって、シャフト(4)の放射方向位置をセンサ(6)によって検出し、かつ同放射方向位置を制御装置(7)へ入力し、シャフト(4)に接触することなく同シャフト(4)を駆動し、かつ保持するように前記駆動及び軸受装置(1)を制御装置(7)によって励磁する方法。

13. シャフト(4)の回転特性に影響を及ぼすように、より詳細には、ロータの内部振動を異なる複数の軸線方向位置において個々に能動的に減衰し得るよう、駆動及び軸受装置(1)並びに磁気ラジアル・ベアリング(12)の少なくともいずれか一方を制御装置(7)によって励磁する請求項12に記載の方法。

14. 請求項1乃至11のいずれか一項に記載の回転機械を有するプラント。

## 【発明の詳細な説明】

## 流体を送出する回転機械

本発明は流体を送出する回転機械（rotodynamische Maschine）、特に、請求項 1 の前提部分に開示するターボ機械または遠心ポンプと、請求項 1 2 に開示する回転機械を駆動する方法とに関する。

ターボ機械、特に、ターボ・コンプレッサ等の流体を送出する回転機械のシャフトの両端部にそれぞれ設けられた 2 つの磁気ベアリングを使用して同シャフトを放射方向に保持することが知られている。磁気ベアリングは限られた特定の軸支能力を有し、同軸支能力は従来のベアリングより低い。空間的な理由に基づき、磁気ベアリングはターボ機械のシャフトの長手方向に沿って短く形成されている。このため、同磁気ベアリングは小さい軸支力を有する。

本発明の目的は回転機械のロータを技術的及び経済的に更に効果的な方法で軸支し、かつ駆動することにある。

本発明の目的は請求項 1 の特徴部分によって達成される。従属請求項 2 乃至 1 1 は本発明の別の複数の効果的な実施の形態に関する。更に、本発明の目的は請求項 1 2 の特徴部分に開示する方法によって達成される。従属請求項 1 3 は本発明の別の効果的な実施の形態に関する。

本発明に基づく流体を送出する回転機械、特に、ターボ機械または遠心ポンプは軸支されたシャフトと、ロータと、駆動及び軸受装置とを有する。駆動及び軸受装置はシャフトを取囲む電気巻線を備えたステータを有する。ロータ、ステータ及び電気巻線の相対的構成と、制御装置による電気巻線の励磁とは、シャフトを同シャフトに接触することなく軸支し、かつトルクを磁力を通じてシャフト上に形成するベアリング・フリー・モータを実現する。ロータがシャフトの一部を形成するようにシャフト及びロータをユニットとして形成することが好ましい。本明細書中において、ロータは駆動及び軸受装置の回転可能な部分を意味する。

ロータを接触を伴うことなくステータ内で保持し、かつ同ステータによって駆動すべく、ロータはステータと協働する。ロータはシャフトに対して固定されているか、または同シャフトの一部を形成している。このため、ステータはシャフト

に接触することなく同シャフトを保持し、かつ駆動する。

ベアリング・フリー・モータは電氣的に励磁可能な駆動及び軸受装置を意味し、同駆動及び軸受装置はロータと、複数の電磁コイルを備えたステータとを有する。ベアリング・フリー・モータのロータまたはアーマチュアは電気機械の原理、即ち同期モータ、リラクタンス・モータ、誘導モータまたは非同期モータの原理に基づいて従来の方法で駆動し得る。ベアリング・フリー・モータのロータは回転軸に直交する方向に沿って延びる少なくとも1つの平面内において接触を伴うことなく磁力で保持される。ロータの位置が同ロータの回転軸に直交する方向に沿って延びる平面内において能動的な影響を受けるように電磁コイルを励磁し得る。ロータの位置は複数のセンサによって監視し、複数の電磁コイルを対応する構造を備えた励磁装置によって制御可能に励磁する。同励磁はロータを同ロータの回転軸に直交する方向に沿って延びる平面に関連してステータ内で接触を伴うことなく保持するように行う。更に、ステータの電磁コイルの対応した励磁によって、トルクをロータまたはアーマチュア上に形成し得る。この結果、ロータは同ロータの軸線の周りで回転する。この種のベアリング・フリー・モータと称されるモータのロータは3つの自由度、即ち、x方向の位置と、y方向の位置と、ロータの軸線の周りでの回転とに関連して能動的に励磁される。これらの特性を有するベアリング・フリー・モータは各種の形態をなし得る。

例えば、ロータを十字形に形成し、ステータを複数のコイルから形成する。そして、同複数のコイルは放射方向に沿って延び、かつロータの周方向に沿って配置され、さらには個々に電氣的に励磁可能である。これにより、例えば、ベアリング・フリー・モータをリラクタンス・モータとして形成し得る。ロータ及びシャフト全体を回転軸に直交する方向に沿って延びる平面に関連して懸架し、さらにはコイルを介して回転磁界を形成することによってロータを同ロータの回転軸の周りで回転させるべく、これらのコイルを励磁し得る。

ロータは放射方向に沿って延びる永久磁石を有し、ステータはロータを同ロータの回転軸の周りで回転させる回転磁界巻線（駆動巻線とも称される）を有する。このため、例えば、ベアリング・フリー・モータを同期モータのように形成で

きる。更に、ステータは回転軸に直交する方向に沿って延びる平面内におけるロータの位置を制御すべく制御巻線を有する。ロータまたは磁束の位置はセンサによって検出し、制御巻線は励磁装置によって励磁する。この励磁はステータの軸線に直交する方向に沿って延びる平面内において、ロータをステータ内で接触を伴うことなく保持すべく行う。1つの実施の形態において、前記のように形成されたベアリング・フリー・モータと称されるモータは $p$ 個の極対数を有する駆動巻線と、 $p+1$ 個または $p-1$ 個の極対数を有する制御巻線とを有する。

ベアリング・フリー・モータは誘導モータまたは非同期モータとして形成可能であり、同誘導モータまたは非同期モータは短絡かごを有するかご形ロータとして形成されたロータを有する。この結果、誘導電流を交番配置された複数の磁場を通じてかご形ロータ内に形成し得る。

本発明に基づくターボ機械または遠心ポンプ等の流体を送出する回転機械は、磁気によって軸支されたロータを有する電気機械として形成された少なくとも1つの駆動及び軸受装置を有し、トルク及び磁気軸支力を形成する複数の巻線がステータ内に設けられ、ロータはターボ機械のシャフトの部分を作成し、2つの巻線を励磁するための制御装置が設けられ、同制御装置は、シャフトに接触することなく同シャフトを放射方向に保持すべく磁気懸架力を一方の巻線を介してロータ上に形成可能であって、かつロータに作用するトルクを他方の巻線を介して形成可能である。

本発明に基づくターボ機械または遠心ポンプ等の回転機械は、シャフトの磁気懸架力等を形成する駆動及び軸受装置をシャフトの長手方向に沿って比較的広く、即ち長く形成し得る効果を有する。これによって実現される比較的広く、かつ大きい支持面は更に大きな静的負荷及び動的負荷を形成可能にし、さらには動的に

変化する負荷成分の補償を可能にする。大きな軸支面により、比較的大きな軸支力を形成可能である。この結果、駆動及び軸受装置を励磁する制御装置を使用することにより、ターボ機械または遠心ポンプの状態に基づいて支持力を予め定めることと、支持力を変更することの少なくともいずれか一方が可能である。



本発明の効果としては、ターボ機械または遠心ポンプ等の回転機械のシャフトの長手方向に沿って配置された少なくとも2つの駆動及び軸受装置を使用することにより、同シャフトを接触を伴うことなく放射方向に保持できる点が挙げられる。この状態において、2つ以上の圧縮ホイール若しくはロータまたはロータ・ホイールをシャフト上に互いに隣接して配置できる。別の効果としては、駆動及び軸受装置がシャフトの動的特性に影響を及ぼし得る点が挙げられる。このため、複数の圧縮ホイールと、駆動及び軸受装置とを共通シャフト上に配置し得る。別の効果としては、駆動及び軸受装置がシャフトの軸支と、シャフトの駆動との両方を行うため、ターボ機械全体をハウジング内に内包し得る点が挙げられる。従って、ハウジングの外側に位置する駆動装置によってターボ機械または遠心ポンプのシャフトを駆動可能にすべく、同シャフトをハウジングから延出させる必要がなくなる。

本発明を複数の実施の形態に基づいて以下に詳述する。

図1は2つの駆動及び軸受装置を有するターボ機械または遠心ポンプの縦断面図である。

図2は2つの駆動及び軸受装置と、対称配置された複数の圧縮ホイールまたはロータとを有するターボ機械または遠心ポンプの縦断面図である。

図3は複数の圧縮ホイールを有する別のターボ機械の縦断面図である。

図4は制御装置を有する別のターボ機械の縦断面図である。

図5は1つの実施の形態に基づくスラスト・ベアリングの縦断面図である。

図5aは別の実施の形態に基づくスラスト・ベアリングの縦断面図である。

図6は駆動及び軸受装置のステータと、対応する制御装置との概略を示す横断面図である。

図7はラジアル・ベアリングの横断面図である。

図1は耐圧ハウジング8内に内包されたターボ機械2の概略を示す。ターボ機械2は共通シャフト4と、2つの圧縮ステージと、2つの駆動及び軸受装置1とを有する。耐圧ハウジング8は複数の圧縮ステージの内部圧力に基づく大きさを有する。理解し易いように、シャフト4に固定された複数の圧縮ステージのうち

の2つの圧縮ホイール3のみを図示する。2つの駆動及び軸受装置1はシャフト4の端部にそれぞれ設けられている。駆動及び軸受装置1はロータ4aと、ロータ4aに固定されたシャフト4とを両者に接触することなく磁力によって放射方向に軸支し、かつシャフト4を駆動する役割を有する。駆動及び軸受装置1はシャフト4の一部を構成するロータ4aを有する。圧縮するマス・フロー9aは入口開口8aを通してハウジング8の内部へ流入する。マス・フロー9bは圧縮ホイール3内を貫流し、かつ流出マス・フロー9cとして出口開口8bを通してハウジング8から流出する。

各駆動及び軸受装置1は磁気によって軸支されたロータ4aと、駆動及び軸受装置1のステータ内に配置されたトルク及び磁気軸支力を形成する2つの巻線15、16とを有する電気機械として形成されている。ロータ4aはターボ機械2のシャフト4の一部を構成している。2つの巻線15、16は制御装置7によって励磁される。制御装置7による2つの巻線15、16の励磁は、シャフト4に接触することなく同シャフト4を放射方向に保持すべく磁気懸架力を一方の巻線16を介してロータ4a上に形成し、かつロータ4aに作用するトルクを他方の巻線15を介してロータ4a上に形成するように実施される。

動作原理の点において、駆動及び軸受装置1はステータ内に設けられた三相交流巻線を有する同期式誘導機または非同同期式誘導機として形成されている。図6に示すように、ステータ巻線は複数の極対 $p_1$ 、 $p_2$ をそれぞれ有する電氣的に分離された2つの三相交流巻線15、16からなる。ステータ巻線を構成する2つの三相交流巻線15、16の極対数 $p_1$ 、 $p_2$ は1つだけ互いに異なる。互いに異なる極性をそれぞれ有する2つの巻線15、16はステータ内において放射

方向に沿って前後に配置するか、または互いに重なるように配置（即ち、周方向に沿って延びる複数のコイルを複数の巻線に交番で巻き付けること）し得る。ロータ4bを駆動するために必要なトルクは同ロータ4bと同一の極対数を有する巻線15によって形成される。この場合、ロータ4bはかご形ロータとして形成されている。他方の巻線16の回転磁界によって駆動トルクが形成されることはない。これは同巻線16の極対数と同じ極対数がロータ4b内に存在しないこと

に起因する。制御装置7によって同一周波数で励磁され、かつ同一方向へ回転する互いに異なる極性を有する2つの回転磁界の協働により、一方向に作用する空間的に固定された磁気吸引力が駆動及び軸受装置1の空隙内に位置するロータ4b上に形成される。この磁気吸引力はロータ4bの軸支に使用される。磁気軸支力の大きさ及び方向は複数の巻線15、16を励磁する電圧の大きさ及び位相を相互に変更することによって設定できる。

駆動及び軸受装置1は永久磁石ロータ、リラクタンス・ロータまたは電気励磁ロータとして形成されたロータ4bを有する同期機械とし得る。更に、駆動及び軸受装置1はロータ4bを有する非同期機械として形成可能であり、同ロータ4bは1つ以上の短絡された重ね巻巻線若しくは波巻巻線と、抵抗によって終端された巻線とのうちのいずれか一方を有し、その極対数 $p_1$ は巻線15の極対数 $p_1$ に等しい。ロータ4bの巻線は特に正弦波状分布を同ロータ4b上に形成可能である。更に、図6はロータ4aの位置を検出するべく駆動及び軸受装置1内に配置された2つのセンサ6を示す。2つのセンサ6は導電体6aを介して制御装置7に接続されている。ロータ4aは角速度 $\omega$ で回転する。即ち、トルク $M$ が巻線15によってロータ4a上に形成される。

スラスト・ベアリングが図1には示されていない。シャフト4を軸線方向に静止した状態で保持すべく、スラスト・ベアリングは圧縮ホイール3によって軸線方向に形成された力を補償する。同様に、対応する大きさを有する補償ピストンによる軸線方向力の通常の補償も図示されていない。図5はこの種のスラスト・ベアリング13を示す。本実施の形態において、スラスト・ベアリング13はデ

ィスク13aと、電磁石13bと、シャフト4の軸線方向位置を検出するための複数のセンサとを有するスラスト磁気ベアリング13として形成されている。各種のスラスト・ベアリングをシャフト4の軸線方向における軸支に使用できる。前記の従来のスラスト磁気ベアリング以外の別のスラスト・ベアリングを適切に使用し得る。駆動及び軸受装置1は特定の軸線方向軸支能力を原位置において独自に有する。更に、駆動及び軸受装置1は円錐状に延びるロータ4aと、同ロータ4aに整合した円錐状に延びるステータとを有し得る。圧縮ホイール3等によ

って形成された軸線方向力を補償すべく、これは複数の巻線 1 5、1 6 を介した制御が可能な大きさ及び方向を備えた軸線方向力の形成に使用される。

更に、図 1 は軸線方向に沿って互いに離間した 2 つのロータ 3 c を備えたシャフト 4 を有する遠心ポンプ 2 a の例の概略を示す。ターボ機械 2 の例において詳述したように、シャフト 4 は 2 つの駆動及び軸受装置 1 によって接触を伴うことなく保持され、かつ駆動される。

更に、図 5 a はシャフト 4 上に作用する軸線方向スラストを補償するための従来のスラスト・ベアリング 1 3 を示す。スラスト・ベアリング 1 3 は圧力  $p$  によって応力を加え得る内部空間 1 3 c と、シャフト 4 に固定可能なディスク 1 3 d とを有する。シャフト 4 に対する乾燥ガス・シールは内部空間 1 3 c のハウジング壁及びディスク 1 3 d の間に設けられている。シャフト 4 を所定位置に保持すべく、シャフト 4 の軸線方向位置をセンサによって検出し、かつ軸線方向スラストをシャフト 4 上に形成するようスラスト・ベアリングのベースにおける流体の圧力  $p$  を制御する。遠心ポンプ 2 a の場合、同一の技術的效果（即ち、シャフト 4 を所定位置に保持する効果）を有するスラスト・ベアリングは、対応する流体を有するフローティング・リング・シールを乾燥ガス・シールに代えて配置することによって実現し得る。従って、乾燥ガス・シールはウェット・シールと称されるシールによって置換される。

図 1 に示す実施の形態において、複数のロータ 3 はシャフト 4 に固定されている。駆動及び軸受装置 1 のロータ 4 a と、圧縮ホイール 3 のシャフト 4 b とは共

通シャフト 4 を形成すべく互いに強固に結合されている。ロータ 4 a 及びシャフト 4 b を機械的手段によって互いに着脱可能に連結することにより、共通シャフト 4 は機械的に分離可能である。圧縮ホイール 3 を固定したシャフト 4 は同シャフト 4 の両端部にそれぞれ配置された 2 つの駆動及び軸受装置 1 によって接触を伴うことなく軸支されている。シャフト 4 上に形成されたトルクは駆動及び軸受装置 1 によって同様に形成される。片方または両方の駆動及び軸受装置 1 によってトルクを形成するように同駆動及び軸受装置 1 を励磁し得る。2 つの駆動及び軸受装置 1 を使用する場合、これによって全トルクを所望の割合で各駆動及び軸

受装置1間で分割できる。

図2は互いに隣接する2つの駆動及び軸受装置1を有する別のターボ機械2または遠心ポンプ2aを示す。同ターボ機械2または遠心ポンプ2aは駆動及び軸受装置1によって駆動され、かつ少なくとも放射方向に接触することなく軸支されるロータ4aを備えた共通シャフト4と、同共通シャフト4の両端に対称配置された複数の圧縮ホイール3またはロータ3cとを有する。2つの圧縮ホイール3またはロータ3cはシャフト4上に互いに対向して配置されており、これは軸線方向に作用する力を少なくともほぼ対称に補償する効果を奏する。駆動及び軸受装置1は制御可能な特定の軸線方向力を形成すべく製造し、かつ励起できる。この結果、図2に示す実施の形態では、別のスラスト・ベアリングは特定の条件下において必要なくなる。圧縮ホイール3またはロータ3cは送出する流体のための入口側3a及び出口側3bを有する。

図3は別の実施の形態に基づくターボ機械2を示す。ターボ機械2はシャフト4、複数の駆動装置1及び複数の圧縮ホイール3を有し、同複数の駆動装置1及び複数の圧縮ホイール3は共通シャフト4に沿って直列に配置されている。シャフト4の位置は複数のセンサ6によって検出する。更に、シャフト4を同シャフト4に接触することなく磁力によって少なくとも放射方向に保持するように、制御装置7は駆動及び軸受装置1の複数の巻線15、16を励磁する。

複数の巻線15、16によって形成される磁力は変化する。このため、複数の巻線15、16により、シャフト4の回転特性はターボ機械2の回転中に影響を受け得る。例えば、これらの力は重力とは逆の方向に影響を受け得る。制御装置7によって予め定め得る磁力ベクトルを放射方向に沿って延ばすべく複数の巻線15、16を励磁するか、または放射方向に沿って延びる磁力ベクトルの配向を経時変化させるべく複数の巻線15、16を励磁し得る。更に、磁力ベクトルの大きさを変更し得る。シャフト4の位置は複数のセンサ6によって検出可能である。このため、シャフト4の回転特性またはターボ機械の回転特性に影響を及ぼすべく複数の巻線15、16を制御装置7によって励磁できる。

ターボ機械2はハウジング8を有する。ハウジング8は全ての固定部品及び回

転部品を同ハウジング8の内部に内包するように形成されている。流入マス・フロー9aは入口開口8aを通過してハウジング8の内部へ流入し、さらにはマス・フロー9bとして複数の圧縮ホイール3を貫流し、かつ出口開口8cを介して冷却装置10内へ流入する。冷却されたマス・フロー9eは流入マス・フロー9fとして入口開口8dを通過して別の圧縮ホイール3へ送られ、さらにはマス・フロー9cとして出口開口8bを通過してターボ機械2から流出する。冷却装置10による中間冷却はマス・フローの体積を減少させる効果を有する。図3に示す実施の形態の効果としては、ハウジング8が複数の開口8a, 8b, 8c, 8d以外の別の開口を有さない点が挙げられる。対応する接続片を介することにより、複数の開口8a, 8b, 8c, 8dを別の入口管路及び出口管路に対してそれぞれ完全に密着して連結できる。図1乃至図3に示す実施の形態の別の効果としては、シャフト4がハウジング8の内側に配置されていることにより、加圧下にあるハウジング8を完全に密閉し、かつターボ機械2を油を使用することなく運転できる点が挙げられる。特に、シャフト4は油を使用することなく軸支できる。しかし、ハウジング8の外側に位置する別の駆動装置によってシャフト4を駆動可能とすべく、開口をハウジング8に設け得る。これを実現すべく、対応するシール装置をシャフト4が貫通するハウジング8の部分に設ける必要がある。乾燥ガス・シールがこの種のシール装置に適する。

腐食性媒体を送出する場合、図3に示すように、駆動及び軸受装置1を装置20, 21内に内包することは効果的である。装置20は環状スリーブ20として形成されており、同環状スリーブ20はシールをシャフト4と、入口及び出口開口21とにそれぞれ有する。駆動及び軸受装置1を冷却し、かつ同駆動及び軸受装置1が腐食性媒体に接触することを防止するために、液体またはガス（例：窒素）22が装置20, 21内を貫流している。腐食性媒体9bは装置20, 21の外側の周囲を流動する。この結果、腐食性媒体9bから保護すべく駆動及び軸受装置1は配置されている。

図4は別の実施の形態に基づく多段コンプレッサを示す。同多段コンプレッサは共通軸4、複数の圧縮ホイール3、並びに複数の駆動及び軸受装置1を有する

。更に、制御装置 7 を有する制御システムを示す。ターボ機械 2 の状態は複数のセンサ 6 によって検出される。例えば、複数のセンサ 6 は駆動装置 1 のステータに対するシャフト 4 の位置、または圧縮ステージ 3 内におけるシャフトの位置と、シャフト 4 の角速度とを検出し得る。複数のセンサ 6 の信号は導電線 6 a を介して制御装置 7 へ入力される。駆動及び軸受装置 1 は制御装置 7 のデータに基づいて導電線 7 a, 7 b を介して励磁される。本実施の形態では、シャフト 4 に作用する懸架力を形成するための巻線 1 9 を有する磁気ラジアル・ベアリング 1 2 が設けられている。ラジアル・ベアリング 1 2 は導電線 1 2 a を介して制御装置 7 に接続されている。シャフト 4 の撓み及び動特性の少なくともいずれか一方は駆動及び軸受装置 1、並びにラジアル・ベアリング 1 2 の対応する配置及び励磁を通じて広範にわたって影響を受ける。効果的な使用では、駆動及び軸受装置 1 並びに磁気ラジアル・ベアリング 1 2 の少なくともいずれか一方を制御装置 7 によって励磁する。この励磁はシャフト 4 の回転特性に影響を及ぼすように行われ、特に、同励磁はロータの内部振動を軸線方向に沿った異なる複数の位置において個々に能動的に減衰するように行われる。導電線 7 a, 7 b, 1 2 a 及び導電体 6 a は気密通路（図示略）を通してハウジング 8 を貫通して延び、かつハウジング 8 の外側に位置する制御装置 7 まで延びている。

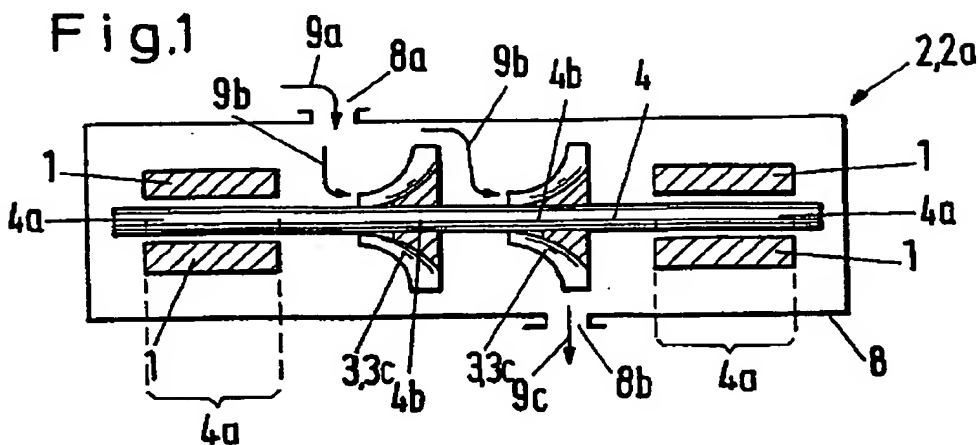
図 7 は 1 つの実施の形態に基づくラジアル・ベアリング 1 2 の横断面図である。ラジアル・ベアリング 1 2 は積層金属体（Blechpaket）1 7 と、同積層金属体 1 7 の周方向に沿って設けられた複数の磁極 1 7 a, 1 7 b とを有する。更に、シャフト 4 と、積層金属体 1 7 及びシャフト 4 を通過する磁束 1 8 とが示されている。積層金属体 1 7 上に作用する複数の電気巻線（このうちの 1 つのみを図示）1 9 を使用することにより、シャフト 4 に作用する放射方向の力を対応する励磁によって形成できる。この力はシャフト 4 の無接触軸支に使用するか、またはシャフト 4 上に動的に作用する力の補償に使用できる。

従って、例えば、2 つの駆動及び軸受装置 1 のうちの一方を図 1 または図 2 に示す実施の形態のラジアル・ベアリング 1 2 で置換できる。

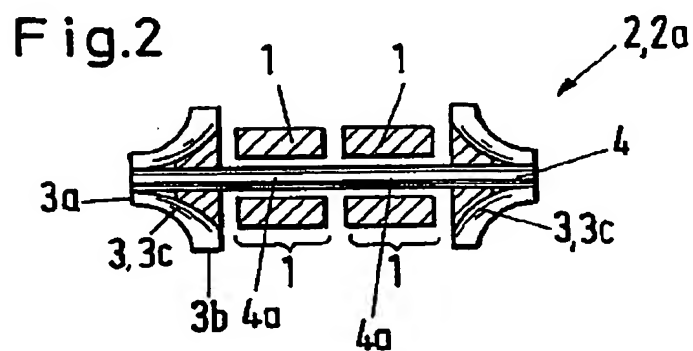
図 4 に示す実施の形態では、共通シャフト 4 は分割可能である。例えば、同分

割はシャフト4をラジアル・ベアリング12と、同ラジアル・ベアリング12の右側に位置する圧縮ホイール3との間で分割し、これによってターボ機械が2つの分離したシャフト4を有するように行う。分離された2つ以上のシャフト4の効果としては、同複数のシャフト4を互いに異なる回転速度で駆動できる点が挙げられる。

【図1】



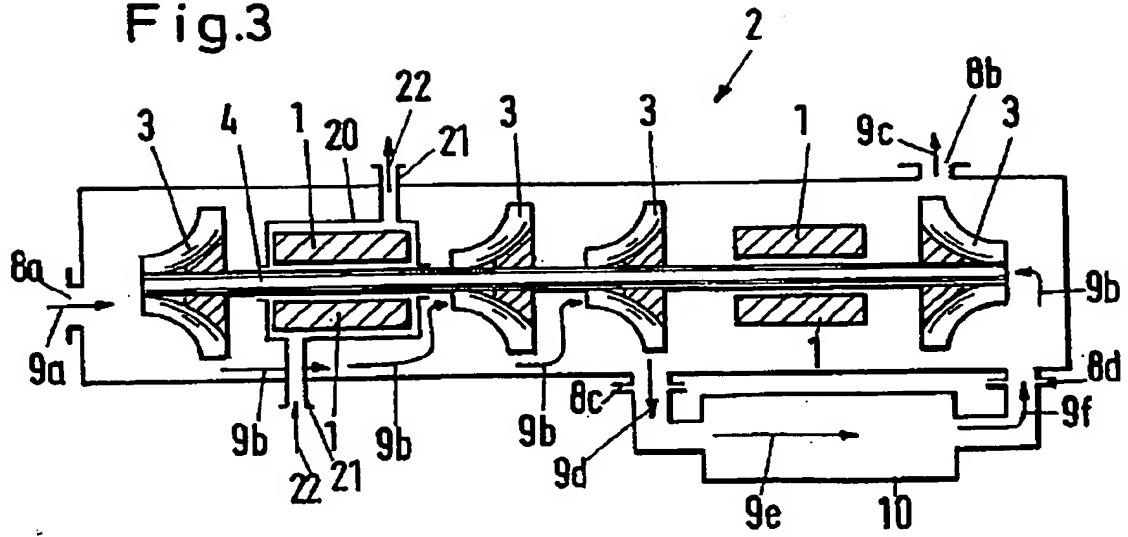
【図2】





【图 3】

Fig.3





【図 5】

Fig.5

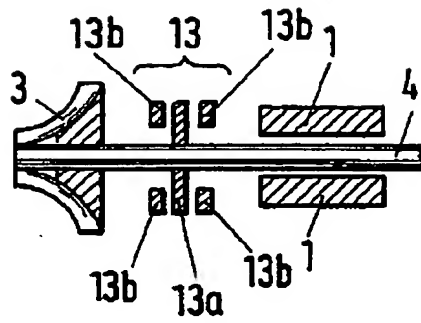


Fig.5a

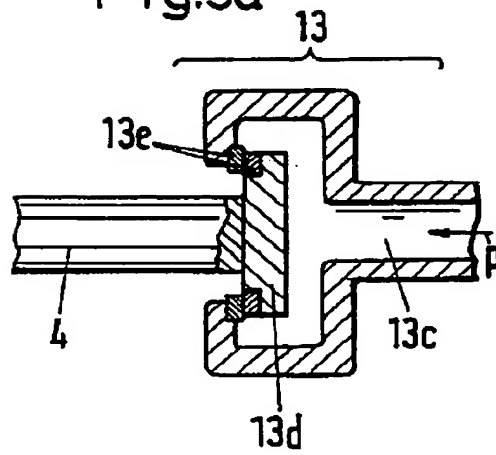
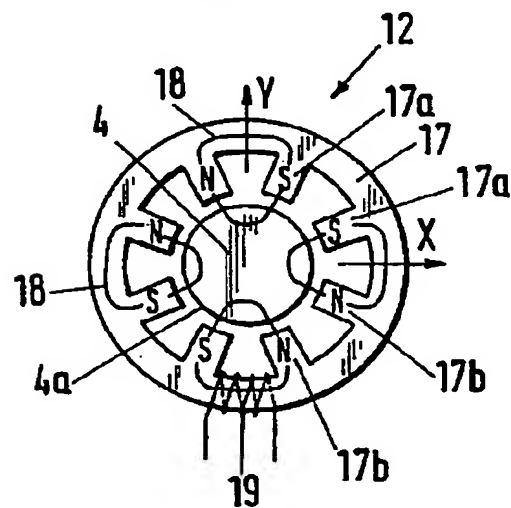


Fig.6



Fig.7



【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/CH 96/00350

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 F16C39/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 F16C H02K F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 95 20260 A (SULZER) 27 July 1995 see the whole document	1-8,10, 12-14
Y	DE 41 02 797 A (N.T.N. CORP.) 8 August 1991 see the whole document	1-8,10, 12-14
Y	DE 91 12 183 U (SIEMENS) 13 February 1992 see the whole document	1-8,10, 12,14
Y	DE 90 17 166 U (T.U. CHEMNITZ) 4 April 1991 see the whole document	1-8,10, 12,14
Y	US 3 694 041 A (STUDER) 26 September 1972 see the whole document	1-12,14
- / - -		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*A\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 January 1997

Date of mailing of the international search report

11.02.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.O. Box 3118 Patentamt 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-2026

Authorized officer

Geyer, J-L

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No  
 PCT/CH 95/09350

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	BE 871 024 A (ACEC) 5 April 1979 see the whole document ---	1-12,14
A	EP 0 299 855 A (ETAT FRANCAIS) 18 January 1989 see the whole document ---	13
A	US 5 424 595 A (PRESTON ET AL.) 13 June 1995 see the whole document -----	1,2,5,6, 12,14

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 96/00350

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-9520260	27-07-95	NONE	
DE-A-4102707	08-08-91	JP-A- 3229987	11-10-91
		JP-B- 7051955	05-06-95
		JP-A- 4148094	21-05-92
		JP-A- 4148095	21-05-92
		US-A- 5112202	12-05-92
		DE-A- 4123433	06-02-92
DE-U-9112183	13-02-92	NONE	
DE-U-9017166	04-04-91	NONE	
US-A-3694041	26-09-72	NONE	
BE-A-871024	05-04-79	AT-T- 727	15-03-82
		EP-A- 0009843	16-04-80
		FR-A- 2438158	30-04-80
EP-A-299855	18-01-89	FR-A- 2618028	13-01-89
		DE-A- 3876706	28-01-93
US-A-5424595	13-06-95	NONE	

## フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F 1	
H 0 2 K 19/10		H 0 2 K 19/10	Z
// H 0 2 K 29/00		29/00	Z
(72) 発明者	シュミット、ヨアヒム		
	スイス国 C H - 5422 オーバーエーレン		
	ディンゲン ドルフシュトラッセ 14		



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**